

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-037052

(43)Date of publication of application : 02.02.2000

(51)Int.Cl.

H02K 1/27

H02K 19/10

(21)Application number : 10-200074

(22)Date of filing : 15.07.1998

(71)Applicant : HITACHI LTD

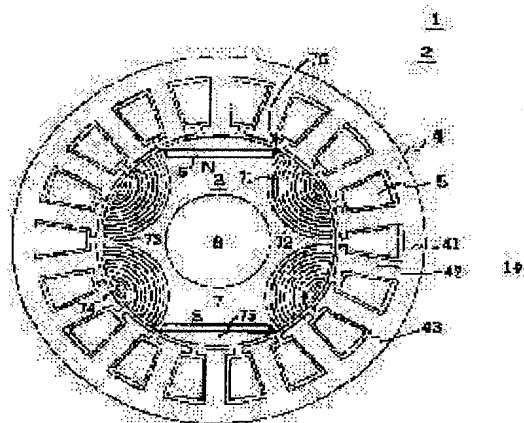
(72)Inventor :  
TAJIMA FUMIO  
MATSUNOBU YUTAKA  
KAWAMATA SHOICHI  
SHIBUKAWA SUETARO  
KOIZUMI OSAMU

## (54) PERMANENT MAGNET ROTATING MACHINE

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a permanent magnet rotating machine whose efficiency has been improved at a high speed.

SOLUTION: This machine comprises a stator winding 5, a slot part 43 storing the stator winding 5, a stator 2 which includes a stator iron core 7 having a stator tooth part 41 and a stator yoke part 42 forming a magnetic circuit, and a rotor 3 consisting of permanent magnets 6 and a slitted reluctance type magnetic circuit. The magnetic circuit of the permanent magnets 6 and the magnetic circuit of a reluctance with a barrier are disposed so as to form an independent closed circuit respectively.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japanese Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2000-37052  
(P2000-37052A)

(43) 公開日 平成12年2月2日(2000.2.2)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード* (参考)
H 0 2 K 1/27 19/10	5 0 1	H 0 2 K 1/27 19/10	5 0 1 A 5 H 6 1 9 A 5 H 6 2 2

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平10-200074

(22) 出願日 平成10年7月15日(1998.7.15)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 田島 文男

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株

式会社日立製作所日立研究所内

(72) 発明者 松延 豊

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株

式会社日立製作所日立研究所内

(74) 代理人 100068504

弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

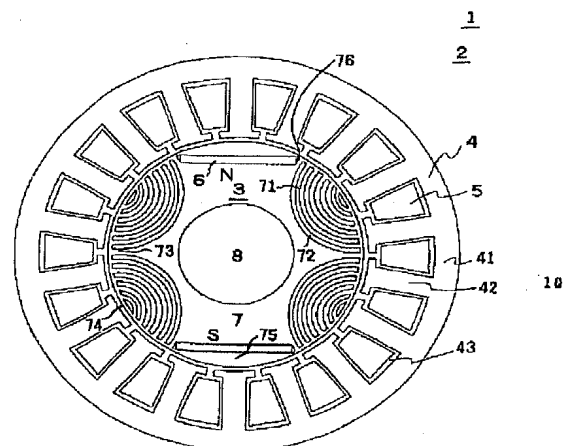
(54) 【発明の名称】 永久磁石回転電機

(57) 【要約】

【課題】 高速回転での効率を改善した永久磁石回転電機を提供すること。

【解決手段】 固定子巻線5、固定子巻線5を収納するスロット部43を有し、磁気回路を構成する固定子歯部41と固定子ヨーク部42とを備えた固定子鉄心7を備えた固定子2と、永久磁石6とスリット付リラクタンス型の磁気回路とからなる回転子3とを有し、回転子磁気回路に永久磁石6の磁気回路と、バリア付リラクタンスの磁気回路構造とが独立の閉回路を構成する様に配置した。

図 1



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】固定子巻線と、固定子巻線を収納するスロットを有し、磁気回路を構成する固定子歯部と固定子ヨーク部とを備えた固定子鉄心とを備えた固定子と、永久磁石とバリア付リラクタンス型の磁気回路とからなる回転子とを有する回転電機に置いて、回転子磁気回路に永久磁石の磁気回路と、バリア付リラクタンスの磁気回路構造とがそれぞれ独立の閉回路を構成する様に配置したことを特徴とする永久磁石回転電機。

【請求項2】請求項1記載の永久磁石回転電機において、永久磁石を周方向に間欠的に配置したことを特徴とする永久磁石回転電機。

【請求項3】請求項1記載の永久磁石回転電機において、永久磁石の構成する磁気回路とバリア付きリラクタンスの磁気回路とを軸方向に並置したことを特徴とする永久磁石回転電機。

【請求項4】請求項1記載の永久磁石回転電機において、永久磁石の構成する磁気回路の空隙面の面積がバリア付きリラクタンスの磁気回路の空隙面の面積より小さくしたことを特徴とする永久磁石回転電機。

【請求項5】請求項1記載の永久磁石回転電機において、永久磁石の構成する磁気回路の空隙面の面積を空隙面の全面積に対して $1/3$ 以下にしたことを特徴とする永久磁石回転電機。

【請求項6】請求項1、4または5記載の永久磁石回転電機において、永久磁石の構成する磁気回路とバリア付きリラクタンスの磁気回路とが軸方向にずらして配置した構成としたことを特徴とする永久磁石回転電機。

【請求項7】請求項1、4、5または6記載の永久磁石回転電機を搭載した電気自動車。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は永久磁石回転電機に係り、高速回転での効率を改善した永久磁石回転電機を提供するものである。

## 【0002】

【従来の技術】ハイブリッド電気自動車駆動の回転電機には小型軽量であること、低速域から、高速域及び低トルク及び高トルク域までの広い範囲で運転するために全領域でバランスよく高効率である必要がある。これらに適した回転電機としては永久磁石回転電機、リラクタンス回転電機等がある。永久磁石回転電機は磁石が磁束を作るため、低速高トルク域が比較的高効率であるのに対して高速域では鉄損の増加によって必ずしも高効率にはならない。一方、リラクタンス回転電機はその逆の性質がある。そこで両者を組み合わせることによって両者の中間的な特性となる。

【0003】これを採用した従来例として永久磁石の一磁極の中にリラクタンス極を構成した例の特開平9-261

901号公報に開示している。

【0004】一方、リラクタンス回転電機としては積層鉄心でバリアを設けることによってその特性を向上させ、更に回転子の外周部に永久磁石を配置した構成の特開平9-331661号公報に開示している。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】以上開示例によれば、特開平9-261901号公報では、高性能の稀土類コバルト磁石を使用しているために小形化が可能である半面、永久磁石の比率が大きいために高速領域における鉄損がおおきく高速、低トルク域での効率を低くしてしまう欠点がある。

【0006】特開平9-331661号公報では、リラクタンストルク比が大きく、回転子鉄心にバリアを構成している点で高速領域でも比較的高効率である反面、回転子における永久磁石の磁気回路がきちんと構成されておらず、漏洩分のみが固定子巻線と鎖交するために全体的に効率が低下する欠点があった。

【0007】本発明は以上、示した従来例の欠点を除き、高速回転での効率を改善した永久磁石回転電機を提供するものである。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、固定子巻線と、固定子巻線を収納するスロットを有し、磁気回路を構成する固定子歯部と固定子ヨーク部とを備えた固定子鉄心とを備えた固定子と、永久磁石とバリア付リラクタンス型の磁気回路とからなる回転子とを有する回転電機において、回転子磁気回路に永久磁石の磁気回路と、バリア付リラクタンスの磁気回路構造とがそれぞれ独立の閉回路を構成する様に配置する。

【0009】あるいは永久磁石を周方向に間欠的に配置する。さらには永久磁石の構成する磁気回路とバリア付きリラクタンスの磁気回路とが軸方向に配置する。また、永久磁石の構成する磁気回路の空隙面の面積がバリア付きリラクタンスの磁気回路の空隙面の面積より小さくする。もしくは永久磁石の構成する磁気回路の空隙面の面積を空隙面の全面積に対して $1/3$ 以下にする。

## 【0010】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施例について説明する。

【0011】図1は本発明にかかわる永久磁石回転電機の一実施例を、図2に本発明の永久磁石回転電機の断面を示す。

【0012】図1、図2において永久磁石回転電機1は固定子2と回転子3とからなり、固定子2は固定子鉄心4と固定子巻線5とで構成される。ここで、固定子構造は一般に広く使用されている分布巻固定子構造で示す。例えば、固定子鉄心4は固定子歯部42と固定子歯部42をとる磁束の磁気回路を形成する固定子ヨーク部41とからなり、固定子巻線5は固定子鉄心4の固定子歯

部42間に形成されたスロット部43に収納される構成を取る。

【0013】回転子3は高透磁率磁性材料である、例えば珪素鋼板よりなる回転子鉄心7と、その外周に配置された永久磁石6とシャフト8とから成る。ここで回転子3は2極の構成でかつ本発明の対象とする永久磁石は高性能永久磁石である稀土類磁石例えばサマリウムコバルト、あるいはネオジウム・鉄・ボロンからなる永久磁石に対して有効であるが、フェライト磁石等を用いても良い。

【0014】図2に本発明の永久磁石回転電機1のハウジング9内には固定子鉄心4と、この固定子鉄心4に巻回された多相の固定子巻線5と回転子2とが配置される。ここで、固定子鉄心4のスロット43は18で3相、永久磁石回転子の極数2、リラクタンスの変化による磁極数4で合わせて6極を構成する構造で示す。従って毎極毎相あたりのスロット数が1の例で示したが、これが2、3、4と変化しても同じである。

【0015】回転子3は、回転子鉄心7と、その回転子鉄心7の外周に永久磁石6を2極配置した構成で示した。ここで、永久磁石6は磁極片75によって遠心力に耐えるように保持する構成とする。

【0016】また、回転子鉄心7の表面には固定子鉄心7と同一の高透磁率の磁性材料からなるブリッジ部71と打ち抜かれたバリア部72と外周面を構成する表面ブリッジ部74とでリラクタンス極を形成し、これを4極配置する構成を示した。またリラクタンス極間には鉄心極部73を配置し、機械的な強度の確保と永久磁石6のq軸リラクタンス成分を大きくしてリラクタンストルクを積極的に活用して小型軽量化、高効率化を図れる構成とした。

【0017】この構成により2極の永久磁石6はN、Sの2極が回転子鉄心7と固定子鉄心4とによってきちんとした磁気回路を形成するために永久磁石磁束の確保が十分でき、大きな永久磁石によるトルクを発生することができる。一方、リラクタンス極については、極の中心であるd軸のリラクタンスはバリア部72によってこの方向には磁束が流れずに小さく、極間のq軸に関しては磁束ブリッジ部74が磁気回路を形成するために大きな磁束が流れ、リアクタンスをおおきく形成することができる。これによってq軸とd軸のリアクタンスの比を大きくすることができ、大きなリラクタンストルクを発生することができる。

【0018】本発明の対象とする電気自動車（ハイブリッド電気自動車を含む）用モータに要求されるトルクは低回転数領域では大トルク、高速領域では一定出力が要求される。従来の永久磁石単独、リラクタンス回転電機での単体の運転では、永久磁石回転電機では高速時の鉄損が大きくなり、弱め界磁を必要とし、効率を低減せし

めてしまう結果となる。また、リラクタンス回転電機のみでは高速時の出力の確保が難しい欠点がある。

【0019】しかし、以上の構成によれば、永久磁石6のみで6極を形成した場合に比較して固定子巻線5に誘起される電圧が小さくなり、高速時、軽負荷時に永久磁石を弱めて使用する必要が無く、高効率となる。一方、低速時には永久磁石による磁束と固定子巻線ととの相互作用によるトルクとリラクタンス極によるリラクタンストルクとの合計が大きなトルク減少が無く、発生することができる。

【0020】一方、リラクタンス極のみ6極の構成に比較して高速時には永久磁石6の磁束の存在によって最小限の出力を確保でき、高速時に出力が大きい点、また、それによって効率が高くなる点で特徴を発揮することができる。

【0021】以上の構成で永久磁石表面の空隙面にしめる面積とリラクタンス極にしめる面積の比は極数の比で1:2とした。このように開示例1に比較して永久磁石の面積を小さくすることにより高速時の回転電機の効率を上げることができる。以上はバリア付きリラクタンス極構成とすることによって従来リラクタンス回転電機より発生トルクを大きくでき、成立することができるのである。

【0022】図3に本発明の永久磁石回転電機の他の実施例を示す。

【0023】(c)に本発明の永久磁石回転電機の他の実施例の断面を、(a)、(b)にそれぞれ回転子の断面構造を示す。図において回転子以外はほぼ図1と同じ構成であるので回転子についてのみ説明する。回転子3は軸方向に3組の異なる構成を有している。中央には

(b)で示す断面構成で、6極の永久磁石6が高透磁率を有する磁性材料からなる回転子鉄心7の中に配置され、内部磁石の典型的な構成である。(a)はバリア部72を有するリラクタンス型回転子の典型的な構成であり、永久磁石と同様6極構成である。この構成により6極の永久磁石6はN、Sの6極が回転子鉄心7と固定子鉄心4とによってきちんとした磁気回路を形成するために永久磁石磁束の確保が十分でき、大きな永久磁石によるトルクを発生することができる。

【0024】さらに、回転子鉄心7の表面には固定子鉄心7と同一の高透磁率の磁性材料からなるブリッジ部71と打ち抜かれたバリア部72と外周面を構成する表面ブリッジ部74とでリラクタンス極を形成し、これを6極配置する構成を示した。またリラクタンス極間には鉄心極部73を配置し、機械的な強度の確保とq軸リラクタンス成分を大きくしてリラクタンストルクを積極的に活用して小型軽量化、高効率化を図った。一方、極の中心であるd軸のリラクタンスはバリア部72によって小さくすることができる。これによってq軸とd軸のリラクタンスの比を大きくすることができ、大きなリラクタ

ンストルクを発生することができる。また、永久磁石の極間とリラクタンス極中心とをずらすことによって電動機としての一方方向の回転トルクを大きくすることができる。

【0025】以上の(b)で示した永久磁石回転子を中央に、(a)で示したリラクタンストルク回転子を両端に配置する本発明の他の実施例の構成では永久磁石6が軸方向の中心に置かれているために回転子に働く軸方向の力が無く、これによってベアリング10にかかる力をなくすることができる。これによって高効率の回転電機とすることができる。

【0026】また、(b)で示した永久磁石回転子と、(a)で示したリラクタンストルク回転子との軸方向の長さを調節することによって、(b)で示した永久磁石回転子のみの特性と、(a)で示したリラクタンストルク回転子のみの特性との中間の特性を任意に出すことができる。これによって、特に高速で大きな弱め界磁制御する必要が無く、高効率の永久磁石回転電機を供給することができる。

【0027】図4、図5に本発明の永久磁石回転電機の他の実施例について説明する。

【0028】図4に本発明の永久磁石回転電機の他の実施例の構造を、図5にその断面構造を示す。図において回転子以外のはほぼ図1と同じ構成であるので回転子についてのみ説明する。本発明の他の実施例に関わる回転子3では1極を構成する磁極内をリラクタンス回転子と永久磁石回転子との両方を持つ構成の永久磁石回転電機について示した。永久磁石回転子の一磁極の周方向の一部はバリア部72を有するリラクタンス型回転子の典型的な構成であり、6極構成である。残りの一部を永久磁石6を6極配置した構成である。さらにこの永久磁石の内周面には永久磁石磁路77を配置した構成で図5で示すようにこの磁気回路は永久磁石6の内周面を永久磁石磁路77の軸方向に移動し、更にそこで、永久磁石磁路77の軸端を周方向に磁気回路を構成し、次の永久磁石の内周面に磁気回路を連結せしめる構成を示す。この材料としては一般の鉄でもよく、圧粉鉄心等を採用するとコンパクトな構成とすることができる。以上の構成は永久磁石の内周面で磁束が軸方向に流れる磁気回路を確保するため、回転電機構造としては軸方向の長さの短い扁平型回転電機が最適となる。以上の構成によれば、6極の永久磁石6はN、Sの6極が永久磁石磁路77と固定子鉄心4とによってきちんとした磁気回路を形成するために永久磁石磁束の確保が十分でき、大きな永久磁石によるトルクを発生することができる。

【0029】さらに、回転子鉄心7の表面には固定子鉄

心7と同一の高透磁率の磁性材料からなるブリッジ部71と打ち抜かれたバリア部72と外周面を構成する表面ブリッジ部74とでリラクタンス極を形成し、これを6極配置する構成を示した。またリラクタンス極間には鉄心極部73を配置し、機械的な強度の確保とq軸リラクタンス成分を大きくしてリラクタンストルクを積極的に活用して小型軽量化、高効率化を図った。一方、極の中心であるd軸のリラクタンスはバリア部72によって小さくすることができる。これによってq軸とd軸のリラクタンスの比を大きくすることができ、大きなリラクタンストルクを発生することができる。

【0030】また、永久磁石回転子と、リラクタンストルク回転子との周方向の幅を調節することによって、永久磁石回転子のみの特性と、リラクタンストルク回転子のみの特性との中間の特性を任意に出すことができる。これによって、特に高速で大きな弱め界磁制御する必要が無く、高効率の永久磁石回転電機を供給することができる。

【0031】なお、以上は内転型の永久磁石回転電機について述べたが、外転型の永久磁石回転電機についても適用可能である。また、固定子巻線として分布巻の固定子の例で示したが、集中巻永久磁石回転電機についても有効である。さらには軸方向の空隙を有する回転電機及び発電機、電動機及び、直進型のアクチュエータについても適用可能である。

【0032】

【発明の効果】以上の構成によれば、高速回転での効率を改善した永久磁石回転電機を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の永久磁石回転電機を示す。

【図2】本発明の永久磁石回転電機の断面を示す。

【図3】本発明の永久磁石回転電機の他の実施例を示す。

【図4】本発明の永久磁石回転電機の他の実施例の断面を示す。

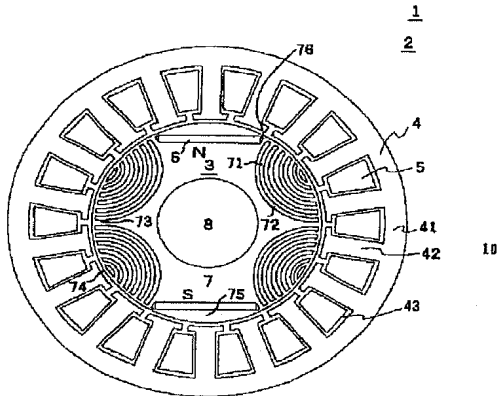
【図5】本発明の永久磁石回転電機の他の実施例を示す。

【符号の説明】

1…永久磁石回転電機、2…固定子、3…回転子、4…固定子鉄心、5…固定子巻線、6…永久磁石、7…回転子鉄心、8…シャフト、9…ハウジング、10…ベアリング、41…固定子ヨーク部、42…固定子歯部、43…スロット部、71…ブリッジ部、72…バリア部、73…鉄心極部、74…表面ブリッジ部、75…磁極片、76…磁石両端の空隙部、77…永久磁石磁路。

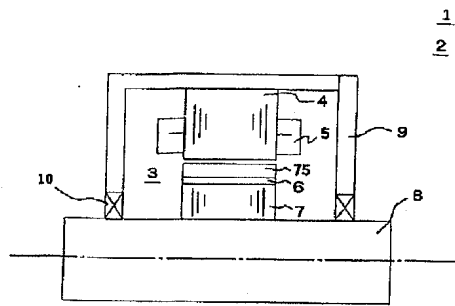
【図1】

図 1



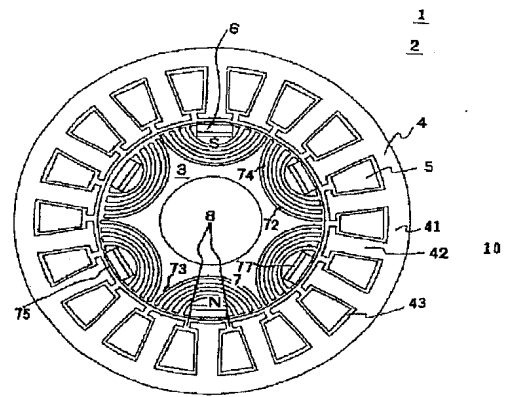
【図2】

図 2



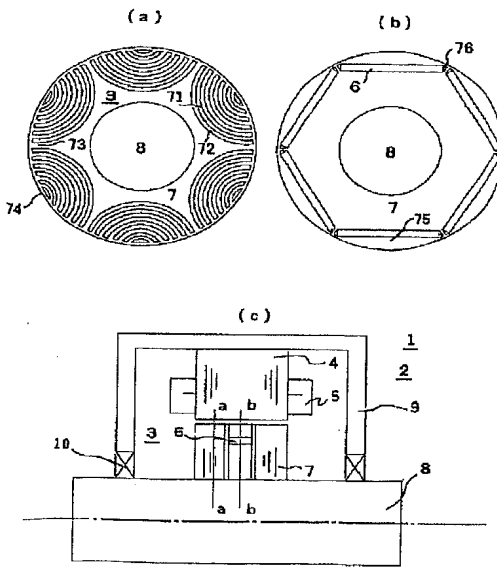
【図4】

図 4



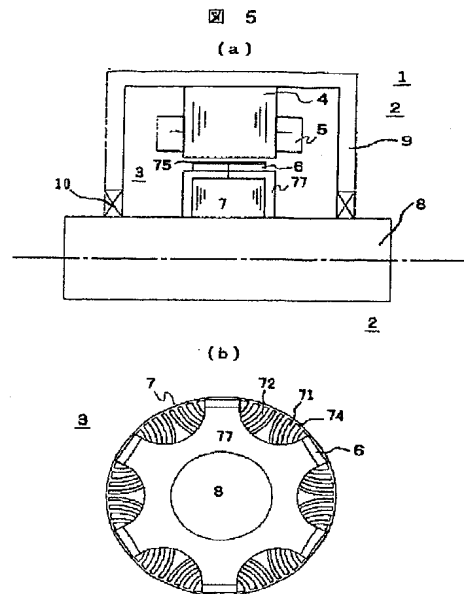
【図3】

図 3



(6) 開2000-37052 (P2000-3704

【図5】



フロントページの続き

(72)発明者 川又 昭一

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株  
式会社日立製作所日立研究所内

(72)発明者 渋谷 末太郎

茨城県ひたちなか市大字高場2520番地 株  
式会社日立製作所自動車機器事業部内

(72)発明者 小泉 修

茨城県ひたちなか市大字高場2520番地 株  
式会社日立製作所自動車機器事業部内

Fターム(参考) 5H619 AA01 BB01 BB13 BB15 BB22  
BB24 PP02 PP06  
5H622 AA03 CA02 CA07 CA10 CA12  
CB03 CB05 DD01 DD03 PP11  
PP17